

**Ігор ПОПП, Галина ГАВРИШКІВ, Юлія ГАЄВСЬКА,
Петро МОРОЗ, Михайло ШАПОВАЛОВ**

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна,
e-mail: itropp@ukr.net

ЕВОЛЮЦІЯ УМОВ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗУ В КАРПАТСЬКОМУ ФЛІШОВОМУ БАСЕЙНІ В КРЕЙДІ–ПАЛЕОГЕНІ

Метою роботи є показати еволюцію геолого-палеоокеанографічних і геохімічних умов осадонагромадження в Карпатському сегменті океану Тетис, виокремити основні етапи седиментогенезу, до яких приурочене формування нафтогазоматеринських і нафтогазоносних відкладів.

Наведено літолого-генетичну класифікацію крейдяно-палеогенового флішу Українських Карпат. За геохімічними умовами осадонагромадження виокремлено літолого-геохімічні, а за характером теригенної седиментації – літолого-фаціальні типи відкладів.

Встановлено чотири етапи седиментогенезу в історії геолого-палеоокеанографічного розвитку Карпатського флішового басейну: ранньокрейдовий (етап I), пізньокрейдовий (етап II), палеоцен-еоценовий (етап III), олігоцен-ранньоміоценовий (етап IV), кожному з яких притаманні певні геохімічні умови седименто-, діагенезу.

Показано, що крейдяно-палеогенові флішові відклади Українських Карпат формувалися під впливом дуже мінливих геолого-палеоокеанографічних і геохімічних факторів, спільна дія яких зумовила нафтогазоносність цього осадового комплексу. Сформувалися потужні товщі псамітолітів, що нагромаджувалися в періоди лавинної теригенної седиментації і є резервуарами вуглеводнів, а також бітумінозні нафтоматеринські кременисто-глинисті відклади, утворення яких пов'язане зі сповільненням процесів теригенного осадонагромадження і фазами океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 (баррем–альб) і ОАЕ-4 (олігоцен).

Ключові слова: Карпатський флішовий басейн, седиментогенез, фліш, геолого-палеоокеанографічні і геохімічні умови, нафтогазоносність.

Вступ. Вивчення процесів теригенної і біогенної седиментації, взаємодії кластичного і біогенного матеріалу в морських і океанічних басейнах, з'ясування впливу геолого-палеоокеанографічних і геохімічних умов осадо-нагромадження на процеси нафтогазоутворення і формування нафтогазоносних порід є актуальними проблемами седиментології і літології. У контексті їхнього вирішення цікавим об'єктом досліджень як з літолого-генетичної, так і з геохімічної точок зору є крейдяно-палеогенові флішові відклади Українських Карпат. У розрізі цього осадового комплексу представлені всі літологічні типи уламкових осадових відкладів (псефітоліти, псамітоліти, алевроліти,

пеліти), які формувалися в різних частинах глибоководних конусів виносу (фенів). Крім того, породи, що залягають на різних стратиграфічних горизонтах карпатського флішу, істотно відрізняються за вмістом тріади породоутворювальних інгредієнтів біогенного походження (карбонатів, аутигенного кремнезему і розсіяної органічної речовини (ОР)), а також специфічним складом аутигенних мінералів, що є свідченням змін геохімічних умов їхнього седименто- і діагенезу впродовж історії Карпатського басейну. Отже, літологічний і речовинний склад порід карпатського флішу дозволяє виокремити серед цих відкладів усю різноманітність седиментаційних глибоководних теригенних і діагенетичних мінералого-геохімічних фацій.

Мета роботи – показати еволюцію геолого-палеоокеанографічних і геохімічних умов осадонагромадження в Карпатському сегменті океану Тетис, виокремити основні етапи седиментогенезу, до яких приурочене формування нафтогазоматеринських і нафтогазоносних відкладів.

Огляд попередніх досліджень. Результати літолого-генетичних, геохімічних та мінералого-петрографічних досліджень крейдяно-палеогенових флішових відкладів Українських Карпат наведені в працях (Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985; М. П. Габинет & Габинет, 1991; Габинет и др., 1976 та ін.). Значну увагу геологи (Вялов, 1971; Гнилко, 2010; Гнилко та ін., 2021; Гуржий, 1983; Ляшкевич и др., 1995; Панов, 1982, 1984; Ступка та ін., 2006) приділяли також фаціально-формаційному аналізу карпатського флішу та проблемі його формування. Ціла низка праць (Гавришків, 2019; Гаєвська, 2019; Попп, 1995, 2012а, b; Попп & Сеньковський, 2003; Попп та ін., 2004а, b, 2019; Сеньковський та ін., 2004, 2012, 2019; Poppe et al., 2022) присвячена вивченню геолого-палеоокеанографічних і геохімічних умов біогенного і теригенного осадонагромадження в мезопелагіалі Карпатського сегмента океану Тетис в крейді і палеогені, фаз прояву океанічних безкисневих подій у цьому басейні, впливу цих процесів на нафтогазоносність карпатського флішу.

Результати досліджень. Серед осадових утворень крейдяно-палеогенового флішу Українських Карпат поширені переважно кластичні і глинисті, рідше біогенні породи. На підставі проведених нами досліджень (Попп, 1995, 2012а, b; Попп та ін., 2003, 2004а, b, 2019; Сеньковський та ін., 2012, 2019) розроблено літолого-генетичну класифікацію цих осадових утворень, яка враховує як характер теригенної (лавинна, сповільнена) і біогенної (карбонатна, кремениста) седиментації, так і геохімічні умови середовища осадо-нагромадження і діагенетичних перетворень (окисні, відновні, лужні, кислі). За геохімічними умовами осадонагромадження ми виокремлюємо літолого-геохімічні, а за характером теригенної седиментації літолого-фаціальні типи відкладів. Запропонована нами класифікація є спробою об'єднати геохімічні та седиментологічні критерії для узагальнення багатого фактичного матеріалу з літології, мінералогії і геохімії карпатського флішу, який нагромадився в процесі його вивчення багатьма дослідниками. Стратиграфію і літологічну характеристику осадових утворень крейдяно-палеогенового віку ми наводимо за схемою стратиграфічного поділу за (Вялов и др., 1981, 1988).

Літолого-генетичні типи і підтипи. Ми виокремили такі три головні літолого-геохімічні типи (ЛГХТ) осадових утворень, що відрізняються вмістом породоутворювальних інгредієнтів біогенного походження ($\text{SiO}_{2\text{биог}}$

CaCO_3 , $\text{C}_{\text{орг}}$), реакційно здатних форм заліза, марганцю і сірки та складом аутигенних мінералів (силікатів, карбонатів, сульфідів): сірі вапняковисто-глинисто-теригенні (ЛГХТ I); невапняковисті або слабковапняковисті, часто строкаті глинисто-теригенні (ЛГХТ II); чорні вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті (ЛГХТ III) товщі (табл. 1). Седиментація осадових відкладів цих трьох типів відбувалася в різних фізико-хімічних умовах середовища (окисних, відновних), спричинених флуктуаціями глибини карбонатної компенсації (ГКК) та змінами характеру океанічної циркуляції і, відповідно, газового режиму придонних вод (аеробного, анаеробного). В окисних умовах нагромаджувалися відклади ЛГХТ I (коньяк–маастрихт – низи палеоцену, стрийська світа; середній еоцен, пасічнянська світа; олігоцен – нижній міоцен, кросненська світа, лоп'янецька або середньоменілітова підсвіта, поляницька світа) і ЛГХТ II (верхня крейда, яловецька, ілемкінська світи; палеоцен, ямненська світа; еоцен, манявська, вигодська, бистрицька світи); перші – вище, другі – нижче рівня ГКК. Осадкові утворення ЛГХТ III (верхній баррем – альб, шипотська, спаська світи; олігоцен – нижній міоцен, нижньо- і верхньоменілітова підсвіти, дусинська світа) – це відклади зони кисневого мінімуму (КМ), які формувалися переважно вище, іноді нижче рівня ГКК. Їхнє утворення за (Сеньковський та ін., 2012) пов'язане з глобальною фазою океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 (Jenkyns, 1980, 2010; Shlanger & Jenkyns, 1976) у пізньому барремі – альбі і регіональною фазою ОАЕ-4 в олігоцені – ранньому міоцені, які спричинили нагромадження і фосилізацію величезної кількості седиментогенної органічної речовини.

Серед цих трьох головних ЛГХТ виокремлюємо цілу низку літолого-геохімічних підтипів (ЛГХПТ) (рис. 1, 2).

Сірі вапняковисто-глинисто-теригенні відклади (ЛГХТ I), які нагромаджувалися в сильноокисних і окисних, лужних умовах вище рівня ГКК (CCD^+) і відповідно є утвореннями лужно-окисних мінералого-геохімічних фацій, відносимо до ЛГХПТ ІА. Якщо вони містять прошарки невапняковистих порід, появу яких пов'язуємо із флуктуаціями рівня ГКК (CCD^+), то виокремлюємо їх у ЛГХПТ ІБ.

Серед відкладів ЛГХТ II виокремлюємо зеленкувато-сірі невапняковисті глинисто-теригенні, іноді з прошарками фтанітів (ЛГХПТ ІІА, нижче рівня ГКК (CCD^-)) або з вапняковистими прошарками (ЛГХПТ ІІБ, флуктуації рівня ГКК (CCD^+)), а також строкаті теригенно-глинисті відклади (ЛГХПТ ІІСА, нижче рівня ГКК (CCD^-)), які іноді містять прошарки мергелів (ЛГХПТ ІІСБ, флуктуації рівня ГКК (CCD^+)). Утворення ЛГХТ II формувалися переважно в слабкокислих і слабколужних, сильноокисних (червоні аргіліти) і окисних (зеленкувато-сірі аргіліти), рідше в субвідновних (темно-сірі до чорних аргіліти, фтаніти) умовах, ЛГХПТ ІІА, ІІСА – нижче рівня ГКК (CCD^-), ЛГХПТ ІІБ, ІІСБ – під час флуктуації рівня ГКК (CCD^+). Ми вважаємо їх переважно слабкокислими і слабколужними, окисними мінералого-геохімічними фаціями.

Вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті товщі (ЛГХТ III), які формувалися у відновних умовах у зоні КМ, за дуже мінливих значень pH , поділяємо на такі підтипи: ЛГХПТ ІІІА (невапняковисті фації спаської, шипотської і менілітової світ), ЛГХПТ ІІІБ (вапняковисті фації спаської і шипотської світ, дусинська світа), ЛГХПТ ІІІФ (кременисті горизонти спаської,

Т а б л и ц я 1. Фізико-хімічні умови седименто-діагенезу та мінералого-геохімічні фації крейдяно-палеогенових відкладів Українських Карпат

Літолого-геохімічні типи відкладів	Світа (вік)	Фізико-хімічні умови седименто-діагенезу	Мінералого-геохімічні фації
<i>Басейни з доброю аерацією морських вод:</i> незначні зміни сольового складу і фізико-хімічних характеристик (<i>pH, Eh, Alk</i>) мулових розчинів порівняно з хімічним складом морської води під час діагенезу; слабкий розвиток процесів діагенетичного перерозподілу речовини і конкрецієутворення			
ЛГХТ I: сірі вапнисто-глинисто-теригенні	Головнівська (сеноман–турон), стрийська (верхній турон – нижній палеоцен), пасічнянська (середній еоцен), шешорський горизонт (верхній еоцен), лоп’янецька (верхній олігоцен), кросненська (олігоцен – нижній міоцен)	Сильноокисні й окисні, лужні; окисно-відновна границя нижче межі вода–осад	<i>Лужно-окисні:</i> найбільш характерна окисна кальцитова фація (теригенно-кальцитова, кальцитово-теригенна, кальцитово-глиниста підфації)
ЛГХТ II: невапнисті або слабковапнисті, часто строкаті глинисто-теригенні	Яловецька, ілемкінський горизонт (сеноман–турон), ямненська (палеоцен), манявська (нижній еоцен), вигодська (верхи нижнього – середній еоцен), бистрицька (верхи середнього – верхній еоцен)	Переважно окисні, слабколужні, нейтральні, слабкокислі; окисно-відновна границя переважно нижче межі вода–осад	<i>Слабокислі та слабколужні окисні:</i> характерна окисна фація з перевідкладеним глауконітом (теригенна, теригенно-кремениста, кременисто-глиниста підфації)
<i>Басейни із сильним дефіцитом кисню в морських водах, пов’язані з фазами «океанічних безкисневих подій» ОАЕ-1 та ОАЕ-4:</i> значні зміни сольового складу і фізико-хімічних характеристик (<i>pH, Eh, Alk</i>) мулових розчинів порівняно з хімічним складом морської води під час діагенезу; інтенсивний діагенетичний перерозподіл речовини і конкрецієутворення			
ЛГХТ III: чорні вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті	Шипотська, спаська (баррем–альб), менілітова, дусинська (олігоцен – нижній міоцен)	Переважно відновні і сильно відновні, лужні, нейтральні, слабкокислі; окисно-відновна границя зазвичай вище межі вода–осад	<i>Сильновідновні і відновні:</i> первинно-сульфідна або сірководнева (сульфідно-глинисто-кремениста, сульфідно-кременисто-кальцитова підфації), сидеритова, доломітова або феродоломітова, слабковідновна кальцитова фації

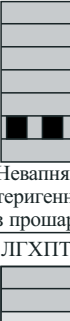
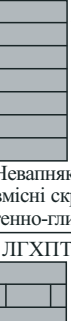
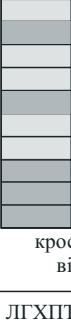
ЛІТОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ТИПИ ВІДКЛАДІВ (ЛГХТ)				
ЛІТОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ПІДТИПИ ВІДКЛАДІВ (ЛГХПТ)	ЛГХТ I	ЛГХТ II	ЛГХТ III	Перехідні товщі між ЛГХТ
	ЛГХПТ I А	ЛГХПТ II А Нижче рівня ГКК	ЛГХПТ III А Зона КМ	ЛГХПТ III/I
	 Вище рівня ГКК CCD + сильно-окисні й окисні, лужні умови	 CCD - окисні, зрідка субвідновні, слабкоокисні і слабко-лужні умови Невапняковисті глинисто-теригенні відклади, іноді з прошарками фтанітів	 Відновні умови нижче рівня ГКК CCD - Мінливі значення pH Невапняковисті вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті відклади	 Флуктуації нижньої границі зони КМ і рівня ГКК CCD ± Перехід від відновних до окисних умов між менілітовими (III) та кросненськими (I) відкладами
	ЛГХПТ I Б	ЛГХПТ II Б	ЛГХПТ III Б	ЛГХПТ I/III
	 Флуктуації рівня ГКК CCD ± сильно-окисні й окисні, лужні умови Невапняковисті прошарки серед I А	 Флуктуації рівня ГКК CCD ± окисні, слабко-окисні і слабко-лужні умови Вапняковисті прошарки серед II А	 Зона КМ Відновні умови флуктуації рівня ГКК CCD ± Мінливі значення pH Карбонатні фації ЛГХТ III	 Флуктуації верхньої границі зони КМ і рівня ГКК CCD ± Перехід від відновних до окисних умов між менілітовими (III) і лоп'янецькими або поляницькими (I) відкладами
	ЛГХПТ II СА	ЛГХПТ II СБ	ЛГХПТ III Ф	ЛГХПТ III/II
	 Нижче рівня ГКК CCD - окисні, сильно-окисні, зрідка субвідновні умови Строкати горизонти	 Флуктуації рівня ГКК CCD ± окисні і сильно-окисні умови Прошарки мергелів в II СА	 Зона КМ Відновні умови нижче рівня ГКК CCD - Мінливі значення pH Горизонти фтанітів	 Флуктуації нижньої границі зони КМ нижче рівня ГКК CCD - Перехід від відновних до окисних і сильноокисних умов між шипотськими (III) і яловецькими (II) відкладами

Рис. 1. Літолого-геохімічні типи відкладів (ЛГХТ) та їхні підтипи (ЛГХПТ)

шипотської і менілітової світ, представлені фтанітами), ЛГХПТ IIIBC (верхня частина нижнього кременистого горизонту нижньоменілітової підсвіти, складена вапняковистими силіцитами). Нагромадження відкладів ЛГХПТ IIIА, IIIФ відбувалося нижче рівня ГКК (CCD-), ЛГХПТ IIIБ – під час флуктуацій рівня ГКК (CCD+), ЛГХПТ IIIBC – вище рівня ГКК (CCD+). Темне забарвлення порід зумовлене підвищеною кількістю домішки ОР і піриту. Ці утворення віднесені нами переважно до відновних і сильновідновних мінералого-геохімічних фацій.

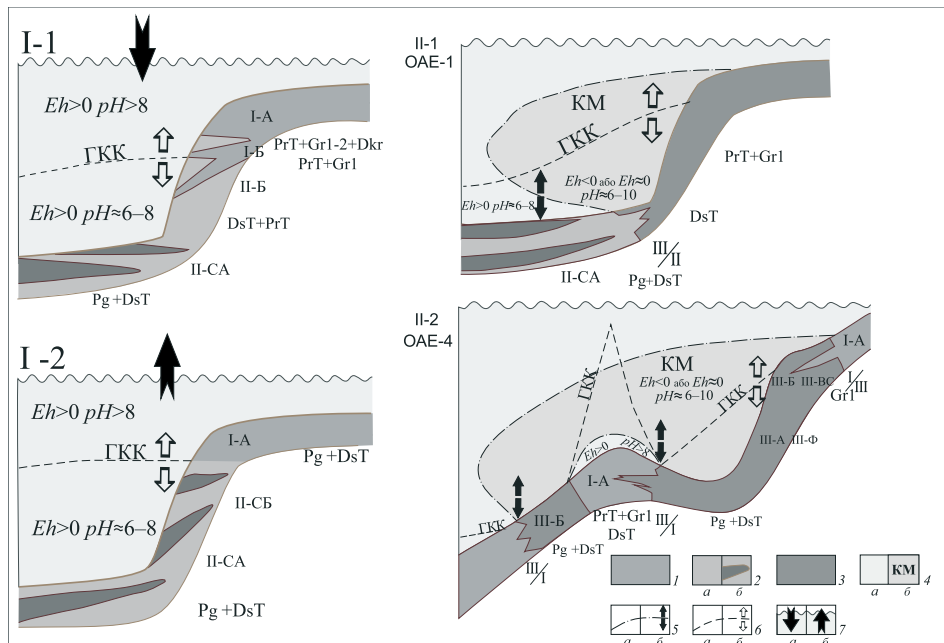


Рис. 2. Модель формування відкладів різних літолого-геохімічних типів (ЛГХТ) та їхніх підтипів (ЛГХПТ):

I – добра аерація морських вод; I-1 – регресія; I-2 – трансгресія; II – океанічні безкисневі події; II-1 – ОАЕ-1, баррем-альб; II-2 – ОАЕ-4, олігоцен – ранній міоцен. Літолого-геохімічні типи осадових відкладів: 1 – сірі вапняковисто-глинисто-теригенні (ЛГХПТ ІА, ІБ); 2 – невапняковисті або слабковапняковисті, часто строкаті глинисто-теригенні (ЛГХПТ ІІА, ІІБ (2а), ІІСА, ІІСБ (2б)); 3 – чорні вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті товщі (ЛГХПТ ІІІА, ІІІБ, ІІІФ, ІІІВС); перехідні товщі – ЛГХПТ ІІІ/І, ІІІ/ІІ, ІІІ/ІІІ. Газовий режим морських вод: 4а – води, збагачені киснем, 4б – зона кисневого мінімуму (КМ); 5а – положення границі зона КМ та її флуктуації (5б); 6а – рівень глибини карбонатної компенсації на континентальній окраїні (ГКК) та його флуктуації (6б); 7 – евстатичні коливання рівня моря: 7а – пониження, 7б – підвищення. Турбідити: Pr – проксимальні, DsT – дистальні; Gr1 – грейніти; Gr2 – грубоуламкові грейніти; Pg – пелагіти

Вміст C_{org} в аргілітах у відкладах ЛГХТ I та ЛГХТ II переважно не перевищує кларкових значень, у вуглецевмісних товщах (ЛГХТ III) він досягає понад 16 % (Попп та ін., 2019) (див. табл. 1).

Як окремі підтипи виокремлюємо також перехідні товщі між відкладами різних ЛГХТ: ЛГХПТ III/I – між менілітовими (ЛГХТ III) і кросненськими (ЛГХТ I); ЛГХПТ I/III – між менілітовими (ЛГХТ III) і лоп'янецькими або поляницькими (ЛГХТ I); ЛГХПТ III/II – між шипотськими (ЛГХТ III) і яловецькими (ЛГХТ II). Їхнє формування пов'язуємо із флуктуаціями рівня ГКК (ЛГХПТ III/I – CCD^{+} , ЛГХПТ III/II – CCD^{-} , ЛГХПТ I/III – CCD^{+}), а також нижньої (ЛГХПТ III/I, ЛГХПТ III/II) та верхньої (ЛГХПТ I/III) границь зони КМ, під час яких аноксичні відновні умови седиментогенезу відкладів змінювалися окисними.

Літолого-фаціальні типи. Провідним процесом під час формування відкладів крейдяно-палеогенового флішу Карпат була теригенна седиментація. Згідно з сучасними уявленнями, фліш – це глибоководні морські й океанічні

відклади континентального схилу і його підніжжя (другого рівня лавинної седиментації), які виникли з матеріалу, який спочатку відкладався на шельфі, а відтак був переміщений в глибоководну частину моря турбідітними або каламутними потоками. Флішова формація характеризується ритмічним чергуванням піщаних і глинистих прошарків. Нагромадження глинистих верств було досить повільним і періодично переривалося майже миттєвим формуванням піщаних пластів. Іноді у фліші трапляються верстви кременистих, карбонатних, пов'язаних з епізодами бурхливого розвитку певних груп організмів поєднаного зі сповільненням темпів теригенної седиментації, та вулканогенно-осадових порід, які є свідченням процесів субмаринного вулканізму. За (Сеньковський та ін., 2004, 2019), теригенний та біогенний матеріал, який осідав у Карпатському седиментаційному басейні в пізньому мезозої та кайнозої переміщувався до другого рівня лавинної седиментації, тобто до підніжжя континентального схилу, де утворював потужні підводні конуси виносу – фени. До найпотужніших фенів Карпатського сегмента Тетису належать фени річок пра-Вісли, пра-Стрия та пра-Покутський. Разом з теригенним акумулювався також едафогенний матеріал (глиби осадових і кристалічних порід докарпатського фундаменту і літифікованих порід ранньомезозойського віку), який складає псефітові компоненти відкладів та утворення, описані карпатськими геологами як олістостроми, олістоліти та ін.

Наслідком процесів лавинної теригенної седиментації під час евстатичних понижень рівня Світового океану в мезопелагічній частині Карпатського сегмента океану Тетис було нагромадження відкладів турбідних, зернових (піскуватих), грубоуламкових і пастоподібних потоків, які виокремлюємо як окремі літолого-фаціальні типи цих осадових утворень (рис. 3).

Серед турбідитів виокремлюємо їхні проксимальні і дистальні різновиди. Проксимальні турбідіти (PrT) – це відклади потужних каламутних турбідітних потоків на початковій фазі їхнього розвантаження. У досліджуваному розрізі вони представлені товсто- і грубошаруватими пісковиками із градаційною шаруватістю і груборитмічним флішем. У товщі карпатського флішу горизонти таких порід виявлені серед нашарувань ранньо- (ЛГХТ III, шипотська, спаська світи) і пізньокрейдяного (ЛГХТ I, стрийська світа), палеоценового (ЛГХТ II, ямненська світа), середньоеценового (ЛГХТ II, вигодська світа) та олігоцен-ранньоміоценового (ЛГХТ I, кросненська світа) віків. Дистальні турбідіти (DsT) – це відклади турбідітних потоків у дистальних частинах конусів виносу і міжканальних ділянок, іноді відклади турбідітних потоків відносно малої потужності і щільності, які утворювалися на проксимальних ділянках і часто повторювалися. Вони представлені середньо- і тонкоритмічним флішем. Такі осадові утворення є типовими для відкладів ранньо- (ЛГХТ III, шипотська, спаська світи) і пізньокрейдяного (ЛГХТ I, стрийська світа), палеоценового (ЛГХТ II, окремі фації ямненської світи), ранньо- (ЛГХТ II, манявська світа) і пізньоеценового (ЛГХТ II, бистрицька світа) та олігоцен-ранньоміоценового (ЛГХТ I, кросненська світа) віків.

Відклади зернових (піскуватих) потоків, або греїніти (GrI), представлені масивношаруватими пісковиками без градаційної шаруватості. У розрізі карпатського флішу вони трапляються серед нашарувань ранньо- (ЛГХТ III, шипотська, спаська світи) та пізньокрейдяного (ЛГХТ I, стрийська світа),

палеоценового (ЛГХТ II, ямненська світа), середньоеценового (ЛГХТ II, вигодська світа) та олігоцен-ранньоміоценового (ЛГХТ III, менілітова світа; ЛГХТ I, кросненська світа) віків.

До відкладів грубоуламкових потоків низької в'язкості, або грубоуламкових греїнітів (Gr2), належать гравеліто-конгломератові пачки пізньокрейдяного (ЛГХТ I, стрийська світа), палеоценового (ЛГХТ II, ямненська світа) і середньоеценового (ЛГХТ II, вигодська світа) віків.

Відклади пастоподібних потоків високої в'язкості, або дебріти (Dbr) – це олістостроми або т. зв. «горизонти з включеннями». Типовим прикладом таких утворень є, зокрема, мергелисто-глинисті пізньоеценові утворення попеліської світи (ЛГХТ I), які містять екзотичні уламки порід.

У періоди сповільненої теригенної седиментації, які були зумовлені евстатичними пониженнями рівня Світового океану, формувалися відклади седиментаційних потоків, які є ще одним літолого-фаціальним типом досліджуваних товщ. У Карпатському басейні внаслідок пелагічної теригенно-глинистої, іноді біогенної седиментації в поєднанні з епізодичною дією дистальних турбідітних потоків відносно малої потужності сформувалися такі різновиди пелагітів (Pg+DsT): 1) в окисних умовах вище рівня ГКК – теригенно-карбонатні відклади головнінської світи сеноману–турону (ЛГХТ I); 2) в окисних умовах нижче рівня ГКК – теригенно-глинисті відклади (строкатих горизонтів верхньої крейди, палеоцену й еоцену (ЛГХТ II), представлених чергуванням зеленкувато-сірих тонкоритмічних піскувато-алевроліто-аргілітових порід з пачками червонуватих аргілітів); 3) у відновних умовах в зоні КМ, зазвичай нижче, іноді вище рівня ГКК – вуглецевмісні теригенно-глинисті скременілі відклади нижньої крейди й олігоцену (ЛГХТ III; активізація апвелінгового ефекту, лавинна седиментація C_{org} та $SiO_{2\text{біог}}$).

Результатом біогенної седиментації на фоні майже повного призупинення осадження теригенного матеріалу було формування біогенних пелагітів (BgPg): 1) в окисних умовах вище рівня ГКК – глобігерінових мергелів шешорського горизонту бистрицької світи верхнього еоцену і скременілих карбонатних порід горизонту смугатих вапняків кросненської світи олігоцену (ЛГХТ I); 2) у відновних умовах у зоні КМ – кременистих (силіцитових) горизонтів нижньої крейди й олігоцену (ЛГХТ III; активізація апвелінгового ефекту, лавинна седиментація $SiO_{2\text{біог}}$ та C_{org} ; фтаніти – нижче, вапняковисті силіцити вище рівня ГКК).

Речовинний склад осадових утворень, які формувалися в умовах сповільненої теригенної седиментації, а саме аргілітів, силіцитів, вапняків, мергелів, зокрема вміст у них органічного вуглецю і сульфідної сірки, є важливим показником геохімічних умов у басейні осадонагромадження.

Етапи седиментогенезу в Карпатському седиментаційному басейні. У складі карпатської флішової формації дослідники (Вялов, 1971; Гуржий, 1983; Панов, 1982, 1984) виокремлюють чотири субформації – нижньокрейдяну, верхньокрейдяну, палеоцен-еоценову, олігоценову. Границі між цими осадовими комплексами часто фіксуються регіонально витриманими горизонтами (строкатими, кременистими) і відображають різкі зміни характеру теригенної і біогенної седиментації. З ними пов'язують (Ляшкевич и др., 1995; Ступка та ін., 2006) важливі події в геолого-тектонічному розвитку Карпат.

Це дозволяє нам виокремити чотири етапи седиментогенезу в історії геолого-палеоокеанографічного розвитку Карпатського сегмента північної континентальної окраїни океану Тетис: ранньокрейдяний (етап I), пізньокрейдяний (етап II), палеоцен-еоценовий (етап III), олігоцен-ранньоміоценовий (етап IV) (табл. 2). Кожному з них притаманні певні геохімічні умови седименто-, діагенезу. На ранньокрейдяному етапі (етапі I) в аноксичному середовищі переважало відновне середовище ($Eh < 0$) за значних коливань pH . Для пізньокрейдяного етапу (етапу II) переважно були характерні лужно-окисні умови ($Eh > 0$)

Т а б л и ц я 2. Етапи седиментогенезу в північній частині Карпатського седиментаційного басейну в крейді–палеогені

Вік, світа	Домінуючий літолого-геохімічний тип відкладів, геохімічні умови седименто-діагенезу	Геолого-палеоокеанографічні та седиментологічні події
Ранньокрейдяний етап (етап I)		
Баррем-альб, шипотська і спаська світи	ЛГХТ III: Чорні вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті відклади; відновні фації ($Eh < 0$), значні коливання pH	Перехід від регіонального розтягу до стиску. ОАЕ-1: седиментація $C_{org}^{?}$, $SiO_{2biog}^{?}$ і теригенне флішове осадоагромадження в зоні КМ НГМТ ПК ВВ
Пізньокрейдяний етап (етап II)		
Сеноман-турон, головнінська світа,	ЛГХТ I: Сірі вапняковисті глинисто-теригенні відклади; лужно-окисні фації ($Eh > 0$)	Трансгресія, карбонатнагромадження вище рівня ГКК
яловецька, ілемкінська світи	ЛГХТ II: строкаті невапняковисті глинисто-теригенні відклади; слабколужні і слабкоокисні окисні фації ($Eh > 0$)	Нагромадження пелагічних глинистих осадів нижче рівня ГКК
Коньяк-мастріхт-низи палеоцену, стрийська світа	ЛГХТ I	Карбонатно-теригенне флішове осадоагромадження вище рівня ГКК ПК ВВ
Палеоцен-еоценовий етап (етап III)		
Палеоцен, ямненська світа, еоцен, манявська, вигодська, бистрицька світи	ЛГХТ II	Теригенне флішове осадоагромадження нижче рівня ГКК , окремі прояви карбонато-, і кремененагромадження ПК ВВ
Олігоцен-ранньоміоценовий етап (етап IV)		
Олігоцен – нижній міоцен, нижньо- і верхньоміоценова підсвіти	ЛГХТ III	ОАЕ-4: седиментація $C_{org}^{?}$, $SiO_{2biog}^{?}$ і теригенне флішове осадоагромадження в зоні КМ НГМТ ПК ВВ
Середньоміоценова (лоп'янецька) підсвіта, кросненська світа	ЛГХТ I	Карбонатно-теригенне флішове осадоагромадження вище рівня ГКК ПК ВВ

вище рівня ГКК. На ділянках морського дна, які знаходилися нижче рівня ГКК, встановлювалися слабколужні і слабкокислі окисні умови ($Eh > 0$), які різко переважали під час палеоцен-еоценового етапу (етапу III). В олігоцені – ранньому міоцені (етап IV) у різних частинах басейну залежно від положення рівня ГКК і поширення зони кисневого мінімуму (КМ) домінували відновні ($Eh < 0$) лужно-окисні умови ($Eh > 0$). На етапах I та IV у відновних аноксичних умовах, у періоди сповільненої теригенної седиментації нагромаджувалися вуглецевмісні кременисто-глинисті відклади (ЛГХТ III), які ми характеризуємо як нафтогазоматеринські товщі (НГМТ). На кожному із цих етапів відбувалися евстатичні пониження рівня Світового океану, під час яких на другому рівні лавинної седиментації, у підніжжі континентального схилу, нагромаджувалися потужні псамітолітові товщі (тершівські пісковики спаської світи баррему–альбу, грубоверстуватий фліш стрийської світи верхньої крейди, ямненські пісковики палеоцену, вигодські пісковики середнього еоцену, бориславські і клівські пісковики та кросненський грубоверстуватий фліш олігоцену). Такі осадові утворення є потенційними породами-колекторами вуглеводнів (ПК ВВ) (табл. 2).

Ранньокрейдяний етап (етап I) приурочений до тектонічного режиму регіонального розтягу в межах Карпатського сегмента північної континентальної окраїни океану Тетис (Ляшкевич и др., 1995; Ступка та ін., 2006). Тоді відбулося нагромадження відкладів валанжин-альбського віку, нижня частина яких залягає на відкладах дофлішового етапу історії розвитку Карпат. Серед них поширені переважно темноколірні товщі. Їхній літологічний склад дозволяє розділити етап I на два підетапи: валанжин-ранньобарремський (підетап I-1) і пізньобаррем-альбський (підетап I-2).

На валанжин-ранньобарремському підетапі (підетапі I-1) зародився флішовий басейн в режимі тектонічного розтягу літосферних плит. У таких палеогеографічних умовах формувалися флішоїдні відклади кам'янопотоцької і рахівської («дикий фліш») світ. Їхніми характерними особливостями є фаціальна строкатість (невпорядкованість фацій), погана відсортованість уламкового матеріалу, а також значне поширення грубоуламкових відкладів (гравелітів, конгломератів, брекчій) та олістостромових горизонтів з включеннями екзотичних порід дофлішового фундаменту.

Пізньобаррем-альбський підетап I-2 приурочений до загальновідомої (Jenkyns, 1980, 2010; Shlanger & Jenkyns, 1976) глобальної фази «океанічних безкисневих подій» ОАЕ-1 у барремі–альбі, під час якої в багатьох частинах Світового океану існував дефіцит кисню, що було сприятливою умовою для нагромадження і фосилізації в осадах великої кількості ОР. У Карпатському флішовому басейні дія апвелінгового ефекту спричинила бурхливий розвиток організмів з кремнієвою функцією. Наслідком таких умовин було формування чорних вуглецевмісних теригенно-глинистих відкладів шипотської і спаської світ (ЛГХТ III), які, частково, фаціально заміщуються піскуватими утвореннями буркутського типу. Характерною особливістю верхньобаррем-альбського осадового комплексу Українських Карпат є порівняно вирівняні фації, що геологи, які вивчали Карпати, зазвичай пояснюють незначним розчленуванням флішового басейну і слабким розвитком т. зв. «кордильєр». На нашу думку, фаціальний склад відкладів карпатського флішу зумовлений

не тільки розчленованістю басейну, але й характером теригенної седиментації в підніжжі континентального схилу (лавинним – під час регресій і сповільненням – під час трансгресій) та розподілом фацій у проксимальних і дистальних частинах фенів (конусів виносу). Серед теригенних утворень виокремлюють грейніти (Gr1, 2), проксимальні (PrT) та дистальні (DsT) турбідіти. Щодо рельєфу басейну, то на етапі I, в умовах тектонічного розтягу, він ще був слабкорозчленований, а відтак унаслідок процесів насувоутворення в умовах тектонічного стиску, спричиненого колізією літосферних плит, постійно ускладнювався, що разом із евстатичними коливаннями рівня Світового океану також впливало на характер теригенної і біогенної седиментації та літолого-фаціальний склад відкладів. Лавинна седиментація теригенного матеріалу спочатку відбувалася в північній частині басейну на континентальному схилі, а потім він скидався в його південну частину на підніжжя континентального схилу. З піскуватими горизонтами можуть бути пов'язані зони порід-колекторів нафти і газу (Колодій та ін., 2004). Досліджувані верхньобаррем-альбські вуглецевмісні відклади (ЛГХТ III) характеризуємо як нафтогазоматеринські.

На межі першого (етап I) і другого (етап II) етапів відбувається зміна тектонічних режимів розвитку Карпатського флішового басейну, тобто перехід від регіонального розтягу до регіонального стиску (Ляшкевич и др., 1995; Ступка та ін., 2006), який став додатковим чинником, що впливав на процеси теригенної і біогенної седиментації в цьому сегменті океану Тетис.

Етап II (сеноман – ранній палеоцен) седиментації в Карпатському басейні приурочений до пізньокрейдяного етапу карбонатагроадження у Світовому океані. Виокремлюємо два підетапи етапу II: сеноман-туронський (підетап II-1) і пізньотуронський-ранньопалеоценовий (підетап II-2).

Важливим чинником седиментації підетапу II-1 була велика сеноман-туронська трансгресія. Унаслідок значного евстатичного підвищення рівня Світового океану в цей час великі площі континентів були покриті епіконтинентальними морями і швидкість процесів теригенної седиментації в підніжжі континентального схилу була максимально сповільненою. Такі палеоокеанографічні умовини істотно вплинули на літолого-фаціальний склад сеноман-туронських відкладів Карпат, які можна вважати аналогами сучасних пелагічних глинистих і карбонатно-глинистих мулів (Pg + DsT). Для них характерні найбільш вирівняні фації порівняно з іншими осадовими комплексами карпатського флішу. Чітко спостерігається фаціальний перехід від менш глибоководних карбонатних осадів, що нагромаджувалися вище рівня ГКК, до більш глибоководних безкарбонатних глинистих утворень, формування яких відбувалося нижче рівня ГКК. Тобто, в Українських Карпатах на північному заході Скибової зони поширені сірі піскувато-мергелисті відклади головнінського типу, які в південно-східному напрямку фаціально переходять у строкаті мергелисто-глинисті утворення ілемкінського і яловецького (Кросненська зона, Говерлянська підзона Чорногорської зони) типів і далі – у повністю безкарбонатні строкаті глинисті яловецькі відклади, поширені в Скуповській підзоні Чорногорської зони та Дуклянській і Свидовецькій зонах. Карбонатно-глинисті відклади сеноман-туронського віку широко розвинені в Сухівській зоні і Румунських Зовнішніх Карпатах. У Красношорській

зоні розвинена піскувата фація яловецьких відкладів, яка в Буркутській зоні фаціально заміщується псамітолітовими утвореннями буркутського типу. Такі тенденції фаціальної зміни сеноман-туронських відкладів свідчать про поглиблення Карпатського флішового басейну в південно-східному напрямку, а відтак його обміління та існування потужного джерела теригенного матеріалу з боку Мізійської мікроплити (гіпотетичний фен пра-Молдови).

Для пізньотуронсько-ранньопалеоценового підетапу (підетапу П-2) характерна набагато потужніша теригенна седиментація, пов'язана з евстатичними коливаннями рівня моря. Зокрема, відклади верхньострийської підсвіти, нижня частина яких відповідає маастрихтському ярусу, складені тонкоритмічним чергуванням пісковиків, алевролітів, аргілітів і можуть вважатися дистальними турбідитами (DsT). Крім постачання великої кількості теригенного матеріалу зі Східноєвропейської платформи (фени пра-Вісли і пра-Стрия), відбувався потужний його скид з південного сходу, з Мізійської плити (гіпотетичний фен пра-Молдови). Доказом існування останнього можуть бути потужні піскуваті (Gr1), груборитмічні (PrT) і грубоуламкові (Gr2) товщі Переддуклянської, Дуклянської, Чорногорської, Свидовецької, Красношорської, Сухівської зон. Більший або менший вміст карбонатної складової в осадах був зумовлений положенням рівня ГКК, його змінами в просторово-часовому відношенні. Про поглиблення басейну нижче рівня ГКК у південно-східному і південно-західному напрямках свідчить поява і Скибової зони строкатих горизонтів у стрийських відкладах та подібних утворень у Магурській зоні. За (Колодій та ін., 2004) з верхньокрейдяними флішовими відкладами пов'язані окремі прояви нафтогазоносності.

Палеоцен-еоценовий етап (етап III) седиментогенезу в Карпатському сегменті океану Тетис характеризується потужним теригенним осадонагромадженням, яке особливо сильно проявилось в палеоцені і середньому еоцені, а також досить значною фаціальною розмаїтістю, що, на нашу думку, пов'язане не так з існуванням так званих «кордильєр», як зі зміною фацій від дистальних до проксимальних у межах фенів (конусів виносу). Карбонатного матеріалу в глибоководні осади континентального схилу і його підніжжя в цей час попадало значно менше, ніж під час пізньокрейдяного етапу (етапу II) седиментогенезу. Причиною цього могли бути як флуктуації рівня ГКК, так і події в біосфері Землі (масові вимирання організмів з карбонатною функцією або навпаки значні спалахи їхнього розвитку). На межі пізньої крейди і палеоцену (етапів II та III) відбулася глобальна біотична криза (велике масове вимирання багатьох груп морських і наземних організмів), причини якої дослідниками до кінця не з'ясовані (зіткнення Землі з астероїдом або кометою, підвищення інтенсивності вулканічних процесів, планетарна зміна клімату). У розрізі карпатського флішу стратиграфічна границя між стрийськими карбонатно-теригенними і ямненськими безкарбонатними теригенними є дещо вище від цієї межі, що можна пояснити скидуванням матеріалу з першого рівня лавинної седиментації на другий. При цьому карбонатно-теригенний матеріал, який наприкінці крейдяного періоду відкладався на зовнішньому шельфі, на початку палеоцену внаслідок евстатичного пониження рівня Світового океану переміщувався на континентальний схил, а відтак у його підніжжя.

Виокремлюємо два підетапи етапу III: палеоценовий (підетап III-1) і еоценовий (підетап III-2).

Потужна теригенна седиментація палеоценового підетапу (підетапу III-1), пов'язана з евстатичним пониженням рівня моря, фіксується потужними псамітолітовими (PrT + Gr1 + Gr2) товщами ямненського (Скибова зона), лютського (Дуклянська зона), гнилецького (Чорногорська зона), урдинського (Свідовецька зона) типів, які були модулями проксимальної частини фенів (конусів виносу). У їхніх дистальних частинах нагромаджувалася строкаті тонкоритмічні (DsT) теригенно-глинисті відклади (яремчанський горизонт, битківські верстви та ін.), які в сучасному заляганні розвинені в Скибовій, Венгловещькій, Кросненській і Магурській зонах. Досить незначна кількість кальциту в палеоценових відкладах свідчить про різке зменшення інтенсивності біогенної карбонатної седиментації в цей час.

Відклади еоценового підетапу (підетапу III-2) характеризуються значною фаціальною розмаїтістю. Під час евстатичних підвищень рівня Світового океану в ранньому і пізньому еоцені нагромаджувалися переважно тонкоритмічні, часто строкаті, теригенно-глинисті товщі. Посилення теригенної седиментації, пов'язане з евстатичним пониженням рівня моря, відбулося всередині еоценової епохи. У зв'язку з цим потужні піскуваті товщі (PrT + Gr1 + Gr2) у розрізах карпатського флішу залягають у середньому еоцені Скибової (вигодська світа), Кросненської (сойменська світа), Передуклянської (ужоцькі верстви), Дуклянської (ставнянська світа), Чорногорської (топільчанська світа), Свідовецької (бобруцькі й угороцькі верстви) зон. Виокремлений підетап III-2 у седиментологічній історії Карпатського флішового басейну корелює з еоценовим етапом карбонатагромадження у Світовому океані, що проявилось в підвищенні вмісту CaCO_3 в окремих верствах у розрізі досліджуваних відкладів (піскуваті вапняки пасічнянської світи, вапняковисто-піскуваті пласти вигодської світи та ін.), а також у наявності в найвищій частині еоценового розрізу регіонально витриманого горизонту глобігерінових мергелів (шешорського горизонту). Формування останнього є результатом збігу в часі двох чинників: сприятливих кліматичних умов для розвитку теплолюбних організмів з карбонатною функцією і різкого зменшення надходження теригенного матеріалу в глибоководний седиментаційний басейн, спричиненого евстатичним підвищенням рівня моря.

З теригенними товщами палеоцен-еоценового віку пов'язані значні прояви нафтогазоносності (Колодій та ін., 2004). У працях (Гавришків, 2019; Гавєвська, 2019) окреслені перспективні ділянки порід-колекторів у цих осадових утвореннях.

Наприкінці еоценової епохи внаслідок колізії континентів відбувається відокремлення від основного басейну океану Тетис напівзамкненого моря Паратетис (Schulz et al., 2005). У розрізі карпатського флішу ця подія проявилася у формуванні олістостромового горизонту (попельська світа), пов'язаного з руйнуванням стінок підводних каньйонів і попаданням в осади уламків більш давніх порід (Dbr).

Найбільш значною геолого-палеоокеанографічною і седиментологічною подією олігоцен-ранньоміоценового етапу (етапу IV) седиментогенезу в Карпатському сегменті північної континентальної окраїни океану Тетис було

нагромадження відкладів із підвищеним вмістом $C_{\text{орг}}$ та $SiO_{2\text{біог}}$ спричинене дефіцитом кисню в наддонних морських водах. За (Сеньковський та ін., 2004, 2012, 2019) формування таких товщ пов'язуємо з регіональною океанічною безкисневою подією ОАЕ-4. У планетарному масштабі на межі еоценового (етапу III) і олігоценового (етапу IV) часу фіксується глобальна біотична криза (мале масове вимирання морських організмів), пов'язана похолоданням клімату (Попп та ін., 2004b; Olszewska & Szydło, 2017; Ozsvárt et al., 2016; Pearson et al., 2008; Popp et al., 2022). У Карпатському флішовому басейні внаслідок цього різко змінюється характер біогенної седиментації. У розрізі досліджуваної товщі він виражений тим, що вище глобігеринових мергелів шешорського горизонту залягають силіцити нижнього кременистого горизонту нижньоменілітової підсвіти.

Виокремлюємо три підетапи етапу IV: ранньоолігеновий (підетап IV-1), середньоолігеновий (підетап IV-2) і пізньоолігоцен-ранньоміоценовий (підетап IV-3). У працях (Попп та ін., 2004a; Сеньковський та ін., 2012) головні особливості цих підетапів ми розглядаємо на прикладі еволюції кремененагромадження в Карпатському флішовому басейні.

Відновлення дії Карпатського апвелінгу в ранньому олігоцені (підетап IV-1), яке корелюється з глобальною зміною клімату, трансгресією моря та екологічною (біотичною) кризою, привело до розвитку анаеробної зони в проміжних водах басейну, підвищення рівня ГКК і нагромадження відкладів з високим вмістом $C_{\text{орг}}$ та $SiO_{2\text{біог}}$. Період формування цієї товщі, яка в сучасному заляганні представлена вуглецевмісними скременілими породами нижньоменілітової підсвіти і дусинської світи, пропонуємо виокремлювати як підфазу безкисневих подій ОАЕ-4а в Карпатському сегменті океану Тетис.

Глобальна регресія всередині олігоцену (підетап IV-2) спричинила різке зниження рівня ГКК у Світовому океані, тимчасове припинення дії апвелінгу на північній континентальній окраїні Тетису і нагромадження в Карпатському седиментаційному басейні сірих карбонатно-теригенних відкладів лоп'янецького типу, що характеризуються низьким вмістом $C_{\text{орг}}$ та $SiO_{2\text{біог}}$.

З пізньоолігеновою трансгресією (підетап IV-3) ми пов'язуємо відновлення дії апвелінгу, піднімання рівня ГКК і новий спалах біогенного кремененагромадження, який фіксується появою в розрізі верхнього кременистого горизонту менілітової світи. Різке підвищення біопродукції в зоні апвелінгу зумовило повторне встановлення в мезопелагічній частині басейну анаеробних умов (підфаза безкисневих подій ОАЕ-4б в Карпатському сегменті океану Тетис) і нагромадження скременілих вуглецевмісних відкладів верхньоменілітової підсвіти.

Верстви вуглецевмісних силіцитів, які підстиляють бітумінозні товщі нижньо- і верхньоменілітової підсвіт, можна вважати не тільки маркувальними горизонтами в стратиграфії флішу Карпат, а й важливими літологічними корелятивами, що фіксують різкі зміни океанологічних умов у Карпатському олігеновому басейні. Силіцити олігоцену Карпат певною мірою можна порівняти з пізньоеоценовими кременистими відкладами формації Монтерей в Каліфорнії (Behl, 2011), формування яких також відбувалося в безкисневих умовах.

Фаціальні переходи між чорними вуглецевмісними скременілими теригенно-глинистими (ЛГХТ III) і сірими вапняковисто-глинисто-теригенними

(ЛГХТ I) товщами пояснюємо різними співвідношеннями зони КМ і рівня ГКК у різних частинах басейну. Формування перехідних товщ між менілітовими і кросненськими (ЛГХПТ III/I) та менілітовими і лоп'янецькими або поляницькими (ЛГХПТ I/III) пов'язуємо із флуктуаціями рівня ГКК, а також нижньої (ЛГХПТ III/I) та верхньої (ЛГХПТ I/III) границь зони КМ, під час яких аноксичні відновні умови седиментогенезу відкладів змінювалися окисними.

Відклади менілітової світи олігоцену є основною нафтогазоматеринською і нафтогазоносною товщею Карпат (Габинет, 1985; М. П. Габинет & Габинет, 1991; Попп, 1995; Koltun, 1993; Kosakowski et al., 2018; Rauball et al., 2019).

Висновки. Крейдяно-палеогенові флішові відклади Українських Карпат формувалися в дуже мінливих геолого-палеоокеанографічних і геохімічних умовах. За геохімічними умовами осадоагромадження виокремлюємо літолого-геохімічні, а за характером теригенної седиментації – літолого-фаціальні типи відкладів.

Провідним процесом під час формування відкладів крейдово-палеогенового флішу Карпат було нагромадження великої кількості теригенного матеріалу на континентальному схилі і в його підніжжі (другому рівні лавинної седиментації). Кременисто-глинисті та біогенні кременисті і карбонатні відклади формувалися в періоди сповільнення теригенної седиментації або майже повного її призупинення, зумовлені евстатичними пониженнями рівня Світового океану. Речовинний склад, який формувався в умовах сповільненої теригенної седиментації, а саме аргілітів, силіцитів, вапняків, мергелів, зокрема вміст у них органічного вуглецю і сульфідної сірки, є важливим показником геохімічних умов в басейні осадоагромадження.

Спільна дія певних геолого-палеоокеанографічних і геохімічних факторів зумовила нафтогазоносність відкладів карпатського флішу. В одному осадовому комплексі сформувалися як потужні товщі псамітолітів, що нагромаджувалися в періоди лавинної теригенної седиментації і є резервуарами вуглеводнів, так і бітумінозні нафтоматеринські кременисто-глинисті відклади, утворення яких пов'язане зі сповільненням процесів теригенного осадоагромадження і фазами океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 (баррем–альб) та ОАЕ-4 (олігоцен).

Афанасьєва, И. М. (1983). *Лито́генез и геохимия флишевой формации северного скло́на Советских Карпат*. Киев: Наукова думка.

Вялов, О. С. (1971). О палеогеографических и формационных особенностях Карпат и примыкающих прогибов. *Acta geol., Acad. scient. Hungaricae*, 15(1–4), 291–308.

Вялов, О. С., Гавура, С. П., Даныш, В. В., Лемишко, О. Д., Лещух, Р. И., Пономарева, Л. Д., Романив, А. М., Смирнов, С. Е., Смолинская, Н. И., & Царненко, П. Н. (1988). *Стратотипы меловых и палеогеновых отложений Украинских Карпат*. Киев: Наукова думка.

Вялов, О. С., Гавура, С. П., Даныш, В. В., Лещух, Р. И., Пономарева, Л. Д., Романив, А. М., Царненко, П. Н., & Циж, И. Т. (1981). *История геологического развития Украинских Карпат*. Киев: Наукова думка.

Габинет, М. П. (1985). *Постседиментационные преобразования флиша Украинских Карпат*. Киев: Наукова думка.

Габинет, М. П., & Габинет, Л. М. (1991). К геохимии органического вещества битуминозных аргиллитов флишевой формации Карпат. *Геология и геохимия горючих ископаемых*, 76, 23–31.

- Габинет, М. П., Кульчицкий, Я. О., & Матковский, О. И. (1976). *Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат* (Ч. 1). Львов: Издательство Львовского университета.
- Гавришків, Г. Я. (2019). *Мінералого-петрографічні особливості палеоценових відкладів Берегової і Орівської скиб Українських Карпат в аспекті їх нафтогазоносності* [Автореф. дис. канд. геол. наук, Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України]. Львів.
- Гаєвська, Ю. П. (2019). *Літолого-фаціальні особливості еоценових відкладів Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину та передових скиб Скибової зони Українських Карпат у зв'язку з їх нафтогазоносністю* [Автореф. дис. канд. геол. наук, Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України]. Львів.
- Гнилко, О. М. (2010). Про седиментаційні процеси формування флішевих відкладів Українських Карпат. *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*, 3, 32–37. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2010.146667>
- Гнилко, О., Гнилко, С., & Наварівська, К. (2021). Стратиграфія та умови накопичення чорносланцевих товщ Українських Карпат. *Палеонтологічний збірник*, 53, 35–54. <https://doi.org/10.30970/pal.53.03>
- Гуржий, Д. В. (1983). К вопросу о выделении вертикального ряда геотформаций в Советских Карпатах. *Геологический журнал*, 43(6), 128–129.
- Колодій, В. В., Бойко, Г. Ю., Бойчевська, Л. Т., Братусь, М. Д., Величко, Н. З., Гарасимчук, В. Ю., Гнилко, О. М., Даниш, В. В., Дудок, І. В., Зубко, О. С., Калужний, В. А., Ковалишин, З. І., Колтун, Ю. В., Копач, І. П., Крупський, Ю. З., Осадчий, В. Г., Куровець, І. М., Лизун, С. О., Наумко, І. М., . . . Щерба, О. С. (2004). *Карпатська нафтогазоносна провінція*. Львів; Київ: Український видавничий центр.
- Ляшкевич, З. М., Медведев, А. П., Крупский, Ю. З. и др. (1995). *Тектоно-магматическая эволюция Карпат*. Киев: Наукова думка.
- Панов, Г. М. (1982). Вертикальний ряд геотформаций в Радянських Карпатах. *Доповіди АН УРСР. Сер. Б*, 7, 21–23.
- Панов, Г. М. (1984). О геологических формациях Карпат и прилегающих прогибов. *Геологический журнал*, 44(5), 131–133.
- Попп, І. Т. (1995). Нафтоматеринські властивості бітумінозних кременистих відкладів Українських Карпат. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 3–4(92–93), 35–41.
- Попп, І. (2012a). Геохімічні умови седиментогенезу і діягенезу крейдово-палеогенових відкладів Українських Карпат. *Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Геологічний збірник*, 30, 162–182.
- Попп, І. (2012b). Мінералого-геохімічні фації відкладів крейдово-палеогенового флішу Українських Карпат. *Мінералогічний збірник*, 2(62), 206–215.
- Попп, І., Мороз, П., & Шаповалов, М. (2019). Літолого-геохімічні типи крейдово-палеогенових відкладів Українських Карпат та умови їх формування. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 4(181), 116–133. <https://doi.org/10.15407/ggcm2019.04.116>
- Попп, І. Т., & Сеньковський, Ю. М. (2003). Біогенні вуглецевмісні силіцити баррем-альбу і олігоцену Українських Карпат – свідчення океанічних безкисневих подій. Частина 1. Петрографія і стадійні перетворення. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 3–4, 65–82.
- Попп, І. Т., Сеньковський, Ю. М., & Гаєвська, Ю. П. (2004a). Біогенні вуглецевмісні силіцити баррем-альбу і олігоцену Українських Карпат – свідчення океанічних безкисневих подій. Частина 2. Палеоокеанографічні умови кремненагромадження. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 2, 95–107.
- Попп, І. Т., Сеньковський, Ю. М., Гаєвська, Ю. П., & Семенюк, М. В. (2004b). Геолого-палеоокеанографічні і геохімічні аспекти літогенезу еоцен-олігоценових відкладів Українських Карпат (у контексті проблеми “oceanic anoxic events”). *Геологія і геохімія горючих копалин*, 1, 41–56.

- Сеньковський Ю., Григорчук К., Гнідець В., & Колтун Ю. (2004). *Геологічна палео-океанографія океану Тетіс (Карпато-Чорноморський сегмент)*. Київ: Наукова думка.
- Сеньковський, Ю. М., Григорчук, К. Г., Колтун, Ю. В., Гнідець, В. П., Радковець, Н. Я., Попп, І. Т., Мороз, М. В., Мороз, П. В., Ревер, А. О., Гаєвська Ю. П., Гавришків Г. Я., Кохан, О. М., & Кошіль Л. Б. (2019). *Літогенез осадових комплексів океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент*. Київ: Наукова думка.
- Сеньковський, Ю. М., Колтун, Ю. В., Григорчук, К. Г., Гнідець, В. П., Попп, І. Т., & Радковець, Н. Я. (2012). *Безкисневі події океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент*. Київ: Наукова думка.
- Ступка, О., Ляшкевич, З., Пономарьова, Л. та ін. (2006). Еволюція Українських Карпат і суміжних областей з позиції регіональної геодинаміки. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 3–4, 58–75.
- Behl, R. J. (2011). Chert spheroids of the Monterey Formation, California (USA): early-diagenetic structures of bedded siliceous deposits. *Sedimentology*, 58, 325–351. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2010.01165.x>
- Jenkyns, H. C. (1980). Cretaceous anoxic events: from continents to oceans. *Journal of the Geological Society*, 137(2), 171–188. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.137.2.0171>
- Jenkyns, H. C. (2010). Geochemistry of oceanic anoxic events. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 11, Q03004. <https://doi.org/10.1029/2009GC002788>
- Koltun, Yu. V. (1993). Source rock potential of the black formation of the Ukrainian Carpathians. *Acta Geologica Hungarica*, 2(36), 251–261.
- Kosakowski, P., Koltun, Y., Machowski, G., Poprawa, P., & Papiernik, B. (2018). The geochemical characteristics of the Oligocene – Lower Miocene Menilite Formation in the Polish and Ukrainian Outer Carpathians: a review. *Journal of Petroleum Geology*, 41(3), 319–335. <https://doi.org/10.1111/jpg.12705>
- Olszewska, B., & Szydło, A. (2017). Environmental stress in the northern Tethys during the Paleogene: a review of foraminiferal and geochemical records from the Polish Outer Carpathians. *Geological Quarterly*, 3(61), 682–695. <https://doi.org/10.7306/gq.1369>
- Ozsvárt, P., Kocsis, L., Nyerges, A., Györi, O., & Pálffy, J. (2016). The Eocene-Oligocene climate transition in the Central Paratethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 459, 471–487. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.07.034>
- Pearson, P. N., McMillan, I. K., Wade, B. S., Jones, T. D., Coxall, H. K., & Bown, P. R. (2008). Extinction and environmental change across the Eocene-Oligocene boundary in Tanzania. *Geology*, 2(36), 179–182. <https://doi.org/10.1130/G24308A.1>
- Popp, I. T., Haiyevska, Yu. P., & Bubniak, I. M. (2022). Carbonate and siliceous rock horizons at the boundary of Eocene and Oligocene deposits in the Ukrainian Carpathians as geotourism sites. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 31(2), 363–379. <https://doi.org/10.15421/112234>
- Rauball, J. F., Sachsenhofer, R. F., Bechtel, A., Coric, S., & Gratzner, R. (2019). The Oligocene–Miocene Menilite Formation in the Ukrainian Carpathians: a world-class source rock. *Journal of Petroleum Geology*, 4(42), 393–415. <https://doi.org/10.1111/jpg.12743>
- Schulz, H.-M., Bechtel, A., & Sachsenhofer, R. F. (2005). The birth of the Paratethys during the Early Oligocene: From Tethys to an ancient Black Sea analogue? *Global and Planetary Change*, 3–4, 163–176. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2005.07.001>
- Shlanger, S. O., & Jenkyns, H. C. (1976). Cretaceous oceanic anoxic events causes and consequences. *Geologie en Mijnbouw*, 55, 179–184.

Стаття надійшла:
21.08.2023 р.

**Ihor POPP, Halyna HAVRYSHKIV, Yulia HAIEVSKA,
Petro MOROZ, Mykhailo SHAPOVALOV**

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals
of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine,
e-mail: itpopp @ukr.net

EVOLUTION OF CONDITIONS OF SEDIMENTOGENESIS IN THE CARPATHIAN FLYSCH BASIN IN THE CRETACEOUS-PALEOGENE

The aim of this work is to show the evolution of geological-paleoceanographic and geochemical conditions of sedimentation in the segment of Carpathians of the Tethys Ocean. And also, selection of the basic stages of sedimentogenesis, to which the formation of oil and gas parent and oil- and gas-bearing deposits is timed.

In the article, the authors showed the lithologic-genetic classification of the Cretaceous-Paleogene flysch of the Ukrainian Carpathians. Authors distinguished the lithologic-geochemical types of sedimentation on the basis of geochemical terms of sedimentation, and also lithologic-facies types of sedimentation on the basis of features of terrigenous sedimentation.

Four stages of sedimentogenesis in the history of geological and paleoceanographic development of the Carpathian sedimentary basin are described in the article: Early Cretaceous (stage I), Late Cretaceous (stage II), Paleocene-Eocene (stage III), Oligocene-Early Miocene (stage IV), each of which has specific geochemical conditions of sedimentogenesis and diagenesis.

It is shown that forming of Cretaceous-Paleogene flysch deposits of Ukrainian Carpathians took place under action of very changeable geological-paleoceanographic and geochemical factors the joint action of that stipulated oil and gas capacity of this sedimentary complex. The thick series of psammitolites were formed in periods of avalanche terrigenous sedimentation, that are the reservoirs of hydrocarbons. Formation of bituminous parent-rocks-of-oil siliceous-clayed sedimentation is related to deceleration of processes of terrigenous sedimentation and phases of ocean anoxic events of OAE-1 (Barremian-Albian) and OAE-4 (Oligocene).

Keywords: Carpathian flysch basin, sedimentogenesis, flysch, geological-paleoceanographic and geochemical conditions, oil and gas potential.